

7.5.6 Vrtnje

Pri vrtnju z odrezovanjem izdelujemo ali razširjamo valjaste izvrtine.

Pri tem označujemo izdelovanje izvrtin kot **polno vrtnje** in razširjanje obstoječih izvrtin kot **navrtavanje**. K postopku vrtnja prištevamo tudi grezenje in povrtavanje.

Postopek vrtnja

Pri vrtnju dve gibanji povzročata odrezovanje (slika 1). Sveder se zavrti in izvaja krožno **rezalno gibanje** (glavno gibanje) zaradi prenosa vrtnja motorja preko menjalnika in vrtalnega vretena. Odrezovanje povzroči šele nastanek rezalnega pritiska, ko se vrtalno vreteno potisne preko ročice, zobnika in zobate letve v smeri osi svedra. Pri tem sta os vrtnja svedra in os izdelane izvrtine postavljeni v linijo, zato se to gibanje imenuje premočrtno **podajalno gibanje**.

Pri istočasnem izvajanju obeh delovnih gibanj prodirata oba vrteča cepilna klina vijačnega svedra, ob dvigavanju odrezkov, v material obdelovanca (slika 2).

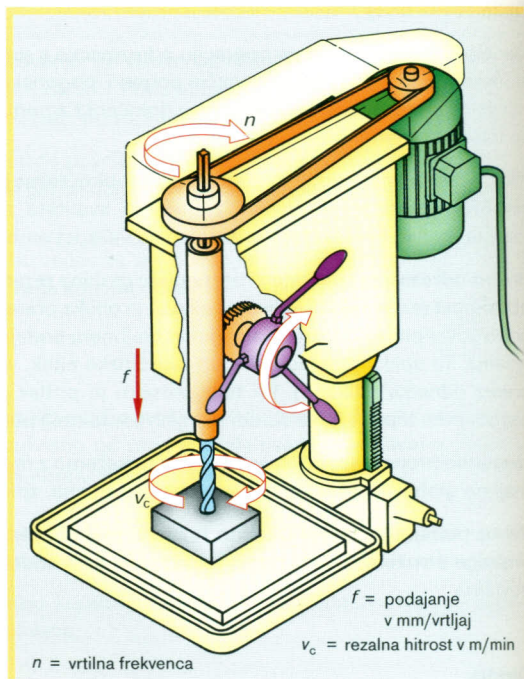
Vrtnje je odrezovanje s krožnim rezalnim gibanjem. Podajalno gibanje poteka premočrtno v smeri osi svedra.

Vrtalno orodje

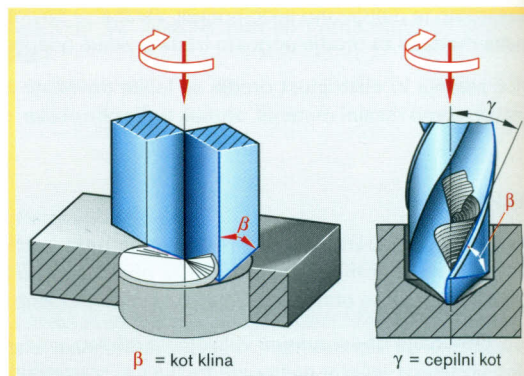
Vijačni sveder, pravzaprav spiralni sveder, je najpogosteje uporabljeno vrtalno orodje. Njegovo izdelavo lahko ponazorimo takole:

V valjastem surovcu iz hitroreznega jekla se porezkata dva vijačna utora za odvajanje odrezkov. **Kot vijačnice** (spirale) je kot, s katerim se vije vijačni utor po osi svedra in določa cepilni kot γ (slika 2 in 3). Glede na orodje se imenuje stranski cepilni kot γ_f . Utorjeni surovec bi pri vrtnju v izvrtini povzročal veliko trenje. Zaradi tega se izdelava z rezkanjem vzdolž vijačnih utorov relativno ozek **rob z ostrino**. Torne ploskve svedra v izvrtini se s tem zmanjšajo, zato se sveder ne more zagozditi. Robova z ostrino vodita tudi sveder v izvrtini. Premer svedra se meri na teh robovih (slika 1, stran 173).

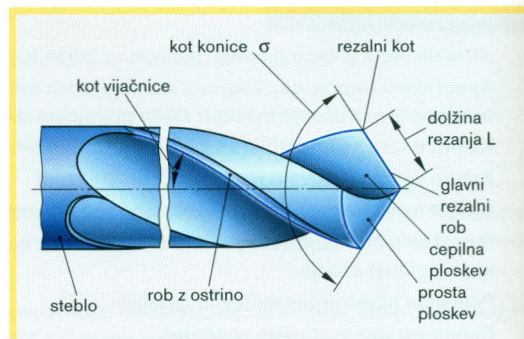
Rezalna robova na svedru nastaneta z brušenjem konca utorjenega surovca do stožčaste oblike. Pri tem nastali **kot konice svedra** ν (sigma) določa dolžino rezanja L . Rezalna robova se istočasno tudi priostrita, da lahko prodirata v material obdelovanca. Tako nastaneta **prosti ploskvi** (slika 3).



Slika 1: Postopek vrtnja



Slika 2: Nastanek cepilnega klina pri vijačnem svedru



Slika 3: Zgradba svedra

Prosti kot α določa nagib prostih ploskev, kot klina β omejuje velikost rezalnega kota. Glede na orodje se imenujeta **stranski prosti kot α_f** in **stranski kot klina β_f** (slika 1).

Kot konice

Pri večjem kotu konice svedra σ sta cepilna klina stabilna, saj sta tudi rezalna robova krajša. Nevarnost zloma svedra se zmanjša. Velikost kota konice je odvisna od trdote in toplotne prevodnosti obdelovanega materiala. Toplota, nastala pri odrezovanju, se ne odvaja samo z odrezki in hladilom, temveč tudi preko obdelovanca in rezalnih robov (slika 2).

Dolgi obdelovanci pri rezanju bolje odvajajo toploto. Nevarnost pregrevanja rezalnih robov se zmanjša.

Prečni rezalni rob in podajalna sila

Prosti ploskvi tvorita z rezalnima robovoma **prečni rezalni rob**, katerega dolžina je odvisna od debeline jedra k in kota ψ (psi = 55°) med prečnim ter glavnim rezalnim robom (slika 1).

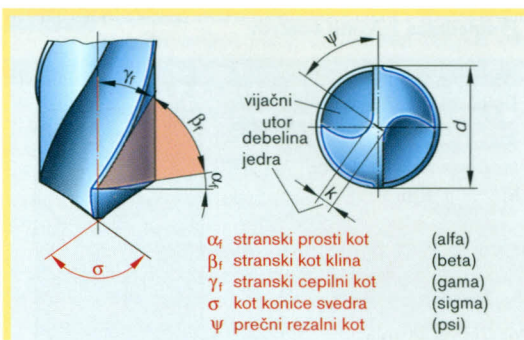
Z vse večjim premerom svedra narašča dolžina prečnega rezalnega roba, močno se poveča podajalna sila.

Negativni cepilni kot na konici svedra dopušča prečnemu rezalnemu robu samo **strganje** in odiranje materiala obdelovanca. Brez prečnega rezalnega roba bi sveder razpadel na dva dela. Posledica tega je, da se mora približno 60% skupne podajalne sile uporabiti za prodiranje rezalnih robov v obdelovanec. Podajalna sila se pri svedrih s premerom, večjim od 10 mm, lahko zmanjša bodisi s predvrtanjem izvrtine, da prečni rezalni rob potem ni več v prijemu, ali pa s posebnim izbrusom svedrove konice, ki krajša prečni rezalni rob (slika 3).

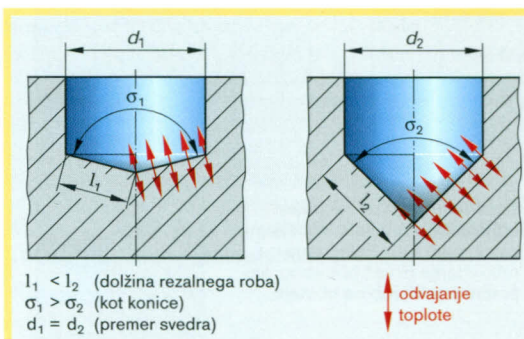
Tipi vijčnih svedrov

S spreminjanjem kota vijčnice in s tem cepilnega kota γ , se spreminja tudi kot klina β (slika 4). Za vrtanje mehkih materialov se uporablja manjši kot klina (tip W), za trše materiale pa je potreben večji kot klina in manjši cepilni kot (tip H).

Z vse večjo trdoto vrtanega materiala izbiramo tudi sveder z vse manjšim kotom vijčnice in z večjim kotom klina.



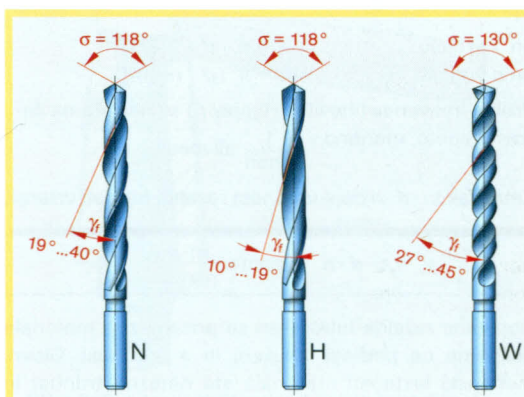
Slika 1: Koti vijčnega svedra



Slika 2: Odvajanje toplote pri različnih kotih konice svedra

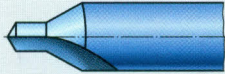
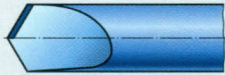





Slika 3: Krajšanje prečnega rezalnega roba



Slika 4: Tipi vijčnih svedrov, kot konice in vijčnice

Preglednica 1: Vrste svedrov

Možnost uporabe	Tip svedra	Material
Določanje sredine izvrtine z veliko natančnostjo pri majhni toleranci, centriranje sredine grede za struženje med konicami, prevzem centriranja od ekscentrov.		sredilnik (centrirni sveder) (DIN 333) HSS (High Speed Steel)
		NC-koničasti sveder HSS HM
Vrtanje z različnimi nastavitvami v eni delovni operaciji (npr. grezenje in posnemanje robov izvrtinam).		vijačni stopničasti sveder (DIN 8374) HSS HM
		ploščati stopničasti sveder HSS HM
Gospodarno vrtanje z veliko odrezovalno močjo in enostavno zamenjavo rezil. Poleg tega predvrtanje ni več potrebno, saj prečni rezalni rob ne obstaja.		menjalne ploščice na držalu HM (karbidna trdina)

Rezalna hitrost vrtnja

Vrtilne frekvence obdelovalnega stroja ne smemo poljubno nastavljanje. Izbira najprimernejše vrtilne frekvence ali števila obratov je odvisna od premera svedra in materiala orodja ter obdelovanca. Za izračun vrtilne frekvence se rabi vrednost dopustne rezalne hitrosti za izbrani sveder. Ta hitrost zagotavlja, da sveder ni pre zgodaj obrabljen in da je kljub temu vrtanje z njim še gospodarno.

Hitrost rezalnega kota v smeri rezalnega gibanja se označuje kot **rezalna hitrost** v_c (slika 1).

Opravljen pot znaša:

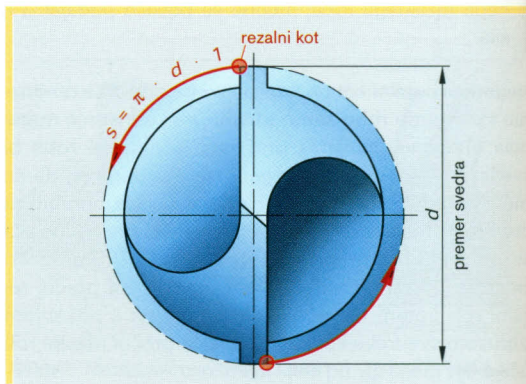
$$\begin{aligned} \text{pri 1 vrtljaju} & \quad s = \pi \cdot d \cdot 1 \text{ [m]}, \\ \text{pri } n \text{ vrtljajih} & \quad s = \pi \cdot d \cdot n \text{ [m]}. \end{aligned}$$

Vrtilna frekvenca (število vrtljajev n) se nanaša na časovno enoto, merjeno v $\frac{1}{\text{min}}$ ali min^{-1} .

Zmnožek $\pi \cdot d \cdot n$ daje vrednost rezalne hitrosti vrtnja:

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n \quad \text{enota } \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Dopustne rezalne hitrosti so za posamezne materiale določene na podlagi izkušenj in s preizkusi. Glavni mehanski lastnosti materiala sta natezna trdnost in trdota (preglednica 2).



Slika 1: Pot rezalnega kota pri 1 obratu

Preglednica 2: Rezalna hitrost in podajanje

Material	Rezalna hitrost v_c v m/min		Podajanje f v mm
	HSS	HM	
konstrukcijsko jeklo $R_m = 400 \text{ N/mm}^2$	25	80	0,04 ... 0,8
$= 600$	22	60	
$= 800$	18	40	0,03 ... 0,6
GG, GT, GS*	15 ... 25	40 ... 70	0,05 ... 1,0
orodno jeklo	5 ... 10	20 ... 30	0,025 ... 0,5
Cu-Zn-zlitine	30 ... 80	80 ... 125	0,05 ... 1,0
Al-zlitine	35 ... 150	100 ... 200	0,05 ... 1,0

*temprana (GT) jeklena (GS) in siva (GG) litina

Večje obdelovance vpnemo neposredno na vrtačno mizo s pomočjo **vpenjalnih stremen, vpenjalnih vijakov in vpenjalnih podstav**. Okrogle kose položimo v **vrtačno prizmo** in trdno fiksiramo z vpenjalnim stremenom (slika 1).

Napake pri vpenjanju in njihove posledice:

- Obdelovanec ni podložen z oporami, zato sveder pri prevrtanju izvrtine nima prostora za iztek; vrtačna miza bo poškodovana.
- Obdelovanec se upogne pri vrtanju; izvrtina ne bo okrogla (slika 2).
- Ne pazite na kotno poravnavo svedra s kosom; os vrtanja ni pravokotna na površino (slika 3). Preseže-no je dovoljeno odstopanje od predpisane lege.

Delovna pravila

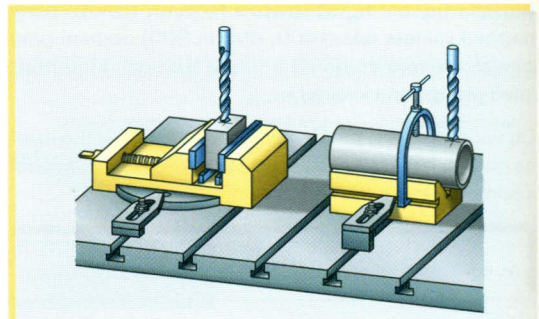
Natančno vrtanje bo doseženo z upoštevanjem bistvenih delovnih pravil:

- Točno zarisovanje in točkanje.
- Pravilna izbira svedra (N, H ali W).
- Varno vpenjanje ter točno izravnavanje orodja in obdelovanca.
- Nastavitev potrebne vrtilne frekvence in podajanja.
- Uporaba primerne hladilnega sredstva, če je potrebno.
- Vdolbino izvrtine po začetem vrtanju preverite in po potrebi popravite.
- Posnemite robove vsem izvrtinam.

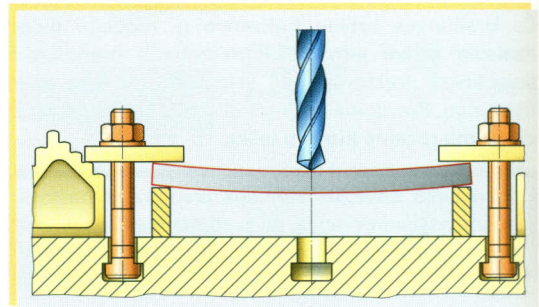
Preprečevanje nesreč

Zaradi nepazljivosti se težja nezgoda lahko zgodi tudi na zanesljivih vrtačnih strojih. Zato je pri vrtanju potrebno paziti na naslednje postopke:

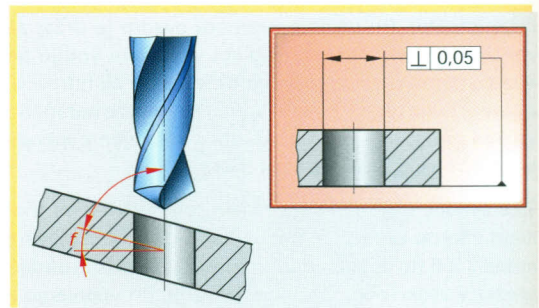
- Nosite oblačila z ozkimi rokavi. Dolge lase zavarujte s pokrivalom.
- Po uporabi takoj odstranite izbijalni klin iz vrtačnega vretena ali ključ iz vpenjalne glave.
- Ploščate in kratke obdelovance zavarujte pred sunkovitim zasukom. Pritrdite vse obdelovance pri vrtanju s svedrom večjega premera od 8 mm (slika 4).
- Med delovanjem stroja morajo biti nameščene zaščitne naprave. Jermene menjajte samo pri mirujočem vrtačniku.
- Vrtačne odrezke odstranjujte s čopičem.
- Nosite zaščitna očala pri vrtanju krhkih materialov.
- Takoj prijavite napake na delih električne opreme (ne popravljajte sami)!



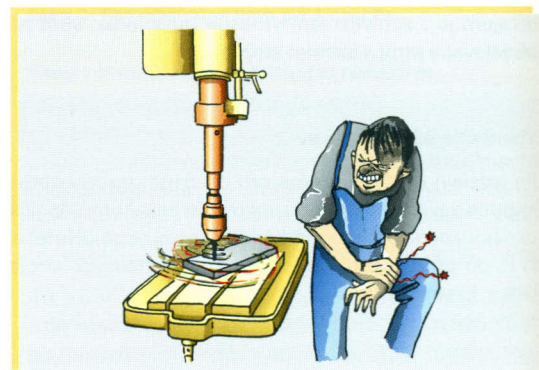
Slika 1: Vrtanje v strojem primežu in z vrtačno prizmo



Slika 2: Napaka pri vpenjanju – upogib kosa



Slika 3: Napaka tolerance lege



Slika 4: Preprečevanje nesreč pri vrtanju